

등가질량을 갖는 Honey-comb 구조물과 원통형 보강 구조물의 강성에 관한 연구

박기훈[†]·김현수*·최경호**·김형준***

A Study on the Strength of Honey-comb and Structure Reinforced by Cylindrical Reinforcement at Equivalent Mass

K. H. Park, H. S. Kim, K. H. Choi, H. J. Kim

Key Words: Honey-comb structure (허니콤 구조물), Cylinder (원통형 구조물), Fin (사각판형 보강재)

Abstract

In general, the reinforcement of a structure is performed with cylinders. In this study, it is attempted to compare the safety circular reinforcement with 4 fins and Honey-comb at the equal mass. Circular reinforcement with 4 fins have two kind of the models. One has no hole in the upper and lower plates. The other has holes, and it is divided by 3 cases. And the maximum stress is investigated for the circular reinforcement with 4 fins and Honey-comb.

The results shows that honey-comb is more strength than the others. And reinforcement with 4 fins of hole case2's maximum stress is 82% by compare to honey-comb.

1. 서 론

보강 원통셀은 비행체, 잠수함이나 해양 구조물 등의 각종 구조물에 주요 부재로서 광범위하게 사용되어오고 있다.⁽¹⁾ 특히 원통형 구조물은 보강의 역할뿐만 아니라 구조물의 무게를 줄이거나 연료선, 전기선 등이 통과할 수 있도록 하기 위해서 널리 쓰이는 구조 요소이다.⁽²⁾ 그러나 원통의 내부를 보강하는 연구는 활발히 진행되어 왔으나 원통의 외부에 보강재를 대는 경우에 대한 연구는 미비한 실정이다.^{(3)~(6)}

따라서 본 연구에서는 Fin으로 보강된 원통형 구조물을 기존의 널리 사용되는 Honey-comb 구조물과 강도면에서 비교하여 그 안전성과 실용성을 분석하고자 하였다.

본 연구를 시행하기 전 Fin을 가지는 원통형 구조물의 강도에 대한 연구가 선행되었고 그 결과 원통셀에 Fin 4개로 보강된 구조물의 형태가 가장 큰 강도를 가진다는 것을 알 수 있었다.

따라서 강도면에서 가장 뛰어난 fin 4개가 원통셀에 부착되어 보강된 Cylinder-fin4 구조물을 Honey-comb 구조물과 비교분석하기 위해 사용하였다.

각각의 모델은 등가질량으로 하여 해석을 수행하였다.

2. 유한요소모델

2.1 물성치

해석에 비교할 모델은 기존의 가장 높은 강성을 나타내는 Honey-comb 모델과 원통에 Fin 4개가 부착된 보강재 모델이다. 두 모델은 동일한 재료를 가지고 물성치는 Table 1에 나타내었다.

† 동아대학교 기계공학과 대학원

E-mail : marahoon@hanmail.net

TEL : (051)200-6846 FAX : (051)200-7656

* 동아대학교 기계산업시스템 공학부

** 동아대학교 기계공학과 대학원

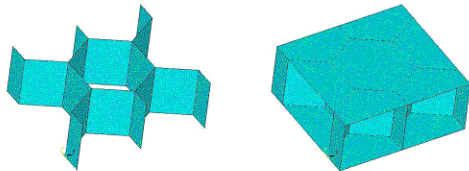
*** 동아대학교 기계공학과 대학원

Table 1 Material properties of model

Material Properties	
E(Young's Modulus)	214000 MPa
v(Possion's Ratio)	0.29
ρ (Density)	$8.03 \text{ E-9 } N \cdot s^2 / mm^4$

2.2 Honey-comb model

Honey-comb 모델의 Unit 모델은 $13.86 \times 12 \times 5$ mm 이다. 그리고 전체 Honey-comb 모델의 크기는 $110 \times 120 \times 5$ mm 이다. 이 수치는 제작된 Cylinder-fin4 model의 전체 모델 크기와 가장 효과적으로 동일하게 맞추기 위한 것이다. Fig1에 Core와 단위 모델을 보여주고 있다.



(a) Honey-comb core (b) Honey-comb unit model
Fig.1 Honey-comb model

2.3 Cylinder-fin4 model

Cylinder-fin4 모델은 $10 \times 10 \times 5$ mm의 크기의 단위 모델을 가진다. Fig.2에 Cylinder-fin4 model의 코어와 단위모델이 나타나 있다.

Cylinder-fin4 model의 단위 모델은 두가지 종류가 있는데 한 모델은 아래위판에 Hole이 존재하지 않는 경우와 아래위판에 Hole이 존재하는 경우가 있다. 또한 Hole이 있는 경우 아래위판과 Core의 두께를 변화시킨 3가지의 경우가 존재한다.

따라서 본 연구에서 비교하는 모델의 크기는 $110 \times 120 \times 5$ mm이다. 이것은 단위 모델의 크기가 달라 전체모델의 크기를 가장 효과적으로 동일하게 하기 위한 것이다.⁽⁷⁾

경계조건은 전체 모델의 네 모서리는 완전 고정 지지로 하였고, 하중은 윗판에 아래방향으로 수직면압을 작용시켰다.

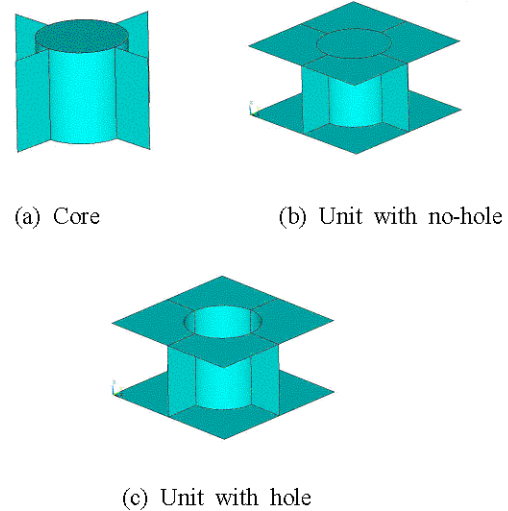


Fig.2 Cylinder-fin4 model

2.2 Honey-comb 과 Cylinder-fin4 비교방법

Honey-comb 구조물과 Cylinder-fin4 구조물의 강도를 비교하기 위하여 우선 두 모델 모두 동일한 질량을 갖도록 하였다. 이는 질량에 따른 강성효과를 배제하고 형상에 따른 강도를 비교하기 위한 것이다.

따라서 첫 번째로는 두 모델의 아래위판 사이 Core의 형상에 따른 강도를 알아보기 위해서 아래위판의 두께는 동일하게 하고, 동일한 질량을 갖도록 두 모델의 Core의 두께를 변화시켜가며 해석을 수행하였다.

두 번째는 위의 동일한 Honey-comb재료와 Cylinder-fin4 보강재의 아래위판에 Hole이 존재하는 경우의 비교이다.

이때도 Cylinder-fin4 구조물은 다음의 3가지 경우가 존재하게 된다.

1. case1---Cylinder-fin4에서 제거되는 Hole만큼의 질량을 Cylinder-fin4의 아래위판의 두께의 증가로 전환하는 경우.
2. case2---Cylinder-fin4에서 제거되는 Hole만큼의 질량을 Cylinder-fin4의 Core와 아래위판 모두의 두께의 증가로 전환하는 경우.
3. case3---Cylinder-fin4에서 제거되는 Hole만큼의 질량을 Cylinder-fin4의 Core의 두께의 증가로 전환하는 경우.

해석에 사용하는 Cylinder-fin4 의 구조물은 모두

Honey-comb 구조물과 동일한 질량을 갖도록 구현했다. 이를 위해서 Cylinder-fin4의 Case 1,2,3별로 아래위판과, Core의 두께를 기하학적인 형상에 의해 계산하여 각각 다르게 하였다.⁽⁸⁾

3. 해석결과

3.1 Honey-comb과 Cylinder-fin4 (with no-hole) 해석결과

Honey-comb 구조물과 Cylinder-fin4(no-hole) 구조물의 최대상당응력은 Honey-comb 구조물은 95.6 MPa, Cylinder-fin4(no-hole)은 104.94 MPa로 Fig.3에 나타나 있다. Honey-comb 구조물의 최대상당응력값은 Cylinder-fin4(no-hole)의 값에 비해 8.9%로 낮은 수치이다.

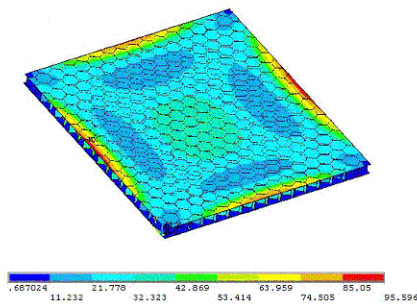


Fig.3 Honey-comb model

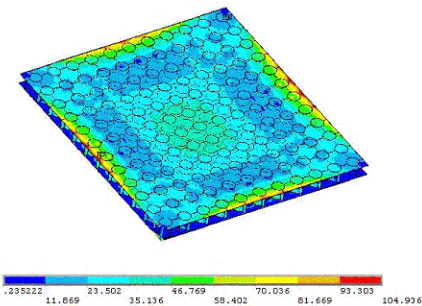


Fig.4 Cylinder-fin4 (no-hole)

3.2 Cylinder-fin4 (with-hole) case1,2,3 해석 결과

Cylinder-fin4(exist-hole)의 경우 Case 1,2,3의 세 가지 경우 최대상당응력 해석 결과를 살펴보면, Case1의 경우가 113.64 MPa, Case2가 112.7 MPa, Case3가 115.77로 Fig.5~7에 나타나 있다. 아래위판에서 Hole의 질량만큼을 Core와 아래위판에 동

일하게 전환 시킨 Case2가 Cylinder-fin4 (with-hole) 중 가장 좋은 결과를 보인다. 하지만 Case1과 Case3도 Case2와 비교할 때 각 Case의 최대상당응력값과 그 차이가 0.83~2.72%로 그 차이를 무시할 수 있다고 하겠다. 이를 통해서는 동일한 형상의 구조물에서 등가질량을 가질 때 각 부분의 두께를 바꾸는 방법은 별다른 영향이 없음을 알 수 있었다.

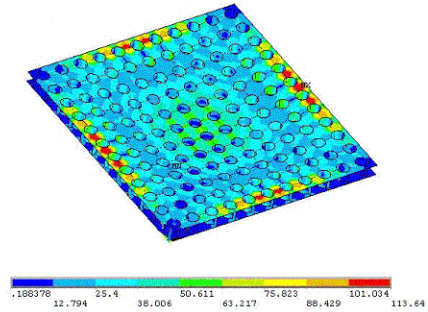


Fig.5 Cylinder-fin4 (with-hole) case1

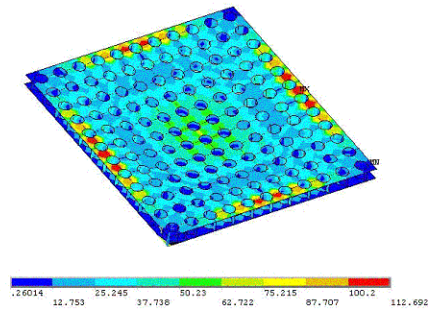


Fig.6 Cylinder-fin4 (with-hole) case2

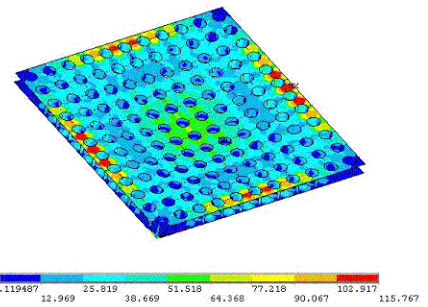


Fig.7 Cylinder-fin4 (with-hole) case3

또한 Case2와 Cylinder-fin4 (no-hole)의 최대상당응력값을 비교하면 Cylinder-fin4 (no-hole)가 Case2에 비해서 6.9%로 낮게 나타남을 알 수 있다. Case2를 Honey-comb과 비교하면 18% 높은 최대상당응력을 가진다. Cylinder-fin4의 Hole이

존재하는 구조물의 경우에는 구조물의 역할이 Hole을 필요로 하는 경우의 안전성이 문제가 되는데, 본연구에서는 Hole의 활용성을 고려하더라도 등가질량을 가질 때 그 안전성이 Honey-comb 구조물의 82%정도에 이른다는 수치를 얻을 수 있었다.

4. 결 론

기존의 Honey-comb구조물과 Cylinder - fin4 구조물의 등가질량 상태 일 때 최대상당응력을 비교하였다. Honey-comb 구조물이 가장 우수한 결과 값을 나타내었고 아래위판에 홀이 없는 원통형 보강 구조, 아래위판에 홀이 있는 원통형 보강 구조 Case2 순으로 그 결과를 얻을 수 있었다.

또한 Case1,2,3의 결과로 인해서 동일한 형상, 등가 질량일 경우 각 부분의 두께의 변화로 인해서 그 강도면에서 별 차이가 없음을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) 백점기, 신병천, 1989, "해양구조물 원통부재의 최종강도에 대한 순상의 영향," 한국해양공학회지, 제3권, 제 2호, pp. 577-586.
- (2) 박치모, 1997, "조합하중을 받는 해양구조물 원통부재의 최종강도 해석," 한국해양공학회지, 제 11권, 제 2호, pp. 11-17.
- (3) 원종진, 1992, "보강 원통셀의 최소 중량화 설계연구," 대한기계학회지, 제16권, 제4호, pp. 630-648.
- (4) 이영신, 김영완, 1999, "사각 개구부를 갖는 링 보강 원통셀의 진동해석," 대한기계학회지, 제23권 제 11호, pp. 2040-2049.
- (5) 김태훈, 공철원, 김조권, 김천곤, 홍창선, 1996 "구멍이 있는 복합 적층 원통형 판넬의 좌굴 및 좌굴 후 거동해석," 한국항공우주학회지, 제24 권, 제 6호, pp. 109-123.
- (6) 김재열, 1998, "강재 원통셀의 리브 보강과 좌굴", 한국 강구조공학회지, 제 10권, 제 2호, pp. 69-75.
- (7) X. W. Xu, H. C. Man, T. M. Yue, 2000,

- "Strength prediction of composite laminates with multiple elliptical holes," International Journal of Solid and Structures, Vol.37, pp. 2887-2900, 2000.
- (8) O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, 1991, "The Finite Element Method," McGraw Hill International Editions, Fourth Edition vol.1, pp. 89-102.